研究の動向

■感性工学の視点からみた婦人靴の履き心地

文教大学 土肥 麻佐子

1. はじめに

人は生まれてからの殆どの時間を衣服や靴や帽子などの被服を身につけて生活している.誰もが、自分の心と身体にフィットした被服を身につけ、社会的・文化的な環境の中で、他者と交流し、快適で安全、心豊かに生活することを望んでいる。衣生活の目標ということができよう。

産業の発達や生活様式の変容から、現在では多くの被服は大量生産により提供される。一方、着用する人の個性は身体的にも、心理的にも様々であり、同じ製品であっても着用する人により、フィット感、すなわち着心地、履き心地が異なることが特徴である。似合うということも、見た目のフィットの一つと考えられるが、これらの心地はいずれも被服を着用してはじめて評価できる感覚であり、生産段階で事前に心地を評価することは難しい。

心地よさを感じる源泉は、人が目や耳や皮膚などの感覚器を通して受容する刺激である。フィット感はその刺激から生じる感情に目にみえない心の動きがプラスされた感性ということができる。客観性を重視する工学の分野において、感性を科学的に捉え、心地よさを定量的なデータに変換し、商品開発に適用することを目的とした感性工学¹⁾がある。経済産業省は2007年5月に感性価値創造イニシアティブを国家宣言した²⁾、感性価値創造イニシアティブを国家宣言した²⁾、感性価値創造イニシアティブでは、感性価値は、従来の価値軸(機能・品質・価格)を超えた「第四の価値軸」として人間の感性に働きかけ共感・感動を得ることで顕在化する価値であるとしている。感性的な価値を創造する科学技術として感性工学が注目されている。

本稿ではデザイン性を重視しながらも、履き心地に悩

みを抱える人が多いヒールのある婦人靴を対象に,履き 心地を科学的に向上させることを目的とした筆者らの研 究成果の一部を紹介する.人は履き心地として足と靴の 間に生じる相互作用を評価する.足の3次元形状のバリ エーション³⁾ に加え,コンピュータの中に,人の感覚特 性やフィット感を評価する評価構造をもつデジタルな足 を再現することができたら,購入したい靴の履き心地を 事前に予想するシステムが構築できる.靴の履き心地を 定量的にカスタマイズすることができるのではないかと いう仮説より実施した基礎研究である.まず,足が靴か ら受ける刺激や生理反応,心理反応を計測することによ り人が何となく感じている履き心地を明示化したいと考 え,靴からの刺激を受容する感覚器官の一つである足の 皮膚の触覚感度分布⁴⁾と,人が靴底形状を模した靴底台 に立った時の立ち心地を評価する時の評価構造⁵⁾を調べ

2. 足の皮膚の触覚感度分布

(1) 目的

た.

足と靴の機械的な相互作用を最初に知覚する感覚器官が触覚であることに着目し、無負荷な状態での足の皮膚の触覚感度として、足の部位別の触覚閾値を計測した.皮膚の内部には、パチニ小体、マイスナー小体などの機械受容器が分布し、それぞれが役割分担して触・圧・振動などの機械的な刺激を検出することが知られている⁶⁾. Weinstein による身体全体への触感覚の分布を調べた研究はあるが⁷⁾, 足部を対象にしたものは少なく⁸⁾, 足全体を対象にした研究は見あたらない. 足と靴の間に生じる機械的な刺激が強くても圧迫を感じにくい部位や、弱くても圧迫を感じやすい部位の分布の部位差に一定の傾向があれば、その特性にあわせて靴の素材や設計方法を工夫することができる.

(2) 方法

18~39歳の健康な日本人男女84名(男53名,女31名) を対象に、足部17箇所の触覚閾値を Semmes-Weinstein

Masako DOHI

文教大学教育学部 教授

(著者紹介)(略歷)広島女子大学家政学部被服学科卒業. 椙山女学園 大学大学院家政学研究科被服学専攻修士課程修了. 博士(学術)(信州 大学)。

〔専門分野〕被服構成学,感性工学,被服人間工学



図 1 Semmes-Weinstein monofilament 法40

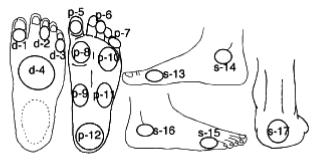


図2 触覚閾値の計測部位4)

monofilament 法を用いて計測した. Semmes-Weinstein monofilament 法は直径と反力がある値に設定された一定長のナイロンフィラメントで皮膚表面に力を加え、触覚の閾値を計測する手法である(図1). 細いフィラメントから順に皮膚を押し、接触を認知したフィラメントの反力の対数値 [log 0.1 mg] を触覚閾値として計測する. 計測部位は、図2の通りで足の背面(d)4箇所、底面(p)8箇所、側面(s)5箇所の17箇所とした. 触覚閾値の性差を Mann-Whitneyの U 検定で、部位差を Friedmanの検定で統計的に調べた.

(3) 結果および考察

各部の触覚閾値の計測結果を表1に示す.計測結果に検定による性差が認められなかったため、部位差は男女を一括して検討した.各部の閾値の中央値は、2.83 [log 0.1 mg]、3.22 [log 0.1 mg]、3.61 [log 0.1 mg] であり、いずれの部位でも最大値と最小値には正常な範囲内ではあるがフィラメントで3本分程度の差があった.接触を感じる敏感さに個人差があることがわかった.

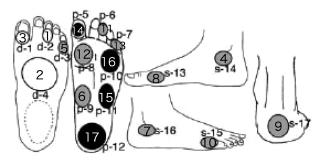
また、触覚閾値には、Friedmanの検定より、有意な部位差が認められた(p<0.01)。検定結果よりの敏感さの順位を図3の丸枠内に数字で示した。17部位のうち第3指背側(d-2)が最も敏感で、2位が甲(d-4)、3位は第1指背側(d-1)と足の背面が敏感であった。足の側面は背面に次いで敏感であり、底面は土踏まず(p-9)を除いて順位が低く、踵(s-12)が最も鈍感だった。しかし、土

表 1 足部の部位別触覚閾値計測データ (n=84)

 $[\log 0.1 \,\mathrm{mg}]$

部位	d-1	d-2	d-3	d-4	p-5	p-6	p-7	p-8	p-9
中央値	2.83	2.83	3.22	2.83	3.61	3.22	3.22	3.22	3.22
最大值	3.61	3.61	3.84	3.61	4.31	4.08	4.31	4.08	3.84
最小值	2.36	2.36	2.44	1.65	2.83	2.83	2.44	2.83	2.44

部位	p-10	p-11	p-12	p-13	s-14	s-15	s-16	s-17
中央値	3.61	3.61	3.61	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22
最大値	4.74	4.31	4.74	4.08	3.61	4.08	3.84	4.08
最小値	2.44	2.44	3.22	1.65	2.44	2.44	2.44	2.83



○2.83[log0.1mg] ○3.22[log0.1mg] ●3.61[log0.1mg] 1~17 敏感さの順位

図3 足部の触覚感度分布

踏まず (p-9) のみは、6位と順位が高く背面に近かった.以上の結果より、足の皮膚の敏感さには個人差があるが、個人内での部位差のパターンには典型的な傾向が認められた.背面、側面、底面の順に鈍いが、底面の土踏まずは背面に近い敏感さをもつということができる.

3. 靴底台への立ち心地の評価構造

(1) 目的

人が足底と靴の機械的な相互作用のどのような状態を 心地よさとして評価するのかという心理的な反応を客観 化できれば、心地よさを科学的に構成することの可能性 となる。第一段階として、人がヒール靴の靴底カーブ形 状を模した靴底台に立った時の立ち心地の評価構造を、 被験者の言葉から網羅的に調べた。

(2) 方法

21~34歳の日本人成人女性10名(足長 224~245 mm)を対象に、靴底台への立ち心地のよさの理由を問う評価グリッド法⁹⁾ に基づくインタビュー調査をした。評価グリッド法は、評価項目の因果関係がわかるように質問を重ねるインタビュー手法で、被験者の言葉から評価項目を網羅的に収集することができる。心地の評価方法としては SD 法を用いることが一般的であるが、SD 法では実験者が想定

している評価項目のみを評価することになる。本研究では、心地よさを科学的に生成するために、実験者が想定していないような評価項目を見出し、評価構造を知りたいと考えたことから、評価グリッド法を用いた。靴底台を試作したのは、製品となった靴で実験を行った場合、例えばアッパー部の適合性など複数の要因を総合した評価となることを避け、ヒール靴のカーブ形状のみに限定した評価を知りたいと考えたことによる。靴底台の作成方法、およびインタビュー調査の方法は下のようである。

- 靴底台の作成方法

足長サイズ23.5、ヒール高 45 mm の婦人靴のシャンクカーブ形状を模したアクリル樹脂製の靴底台 3 組を3Dプリンタ(FMD3000 Stratasys 社製)で造形した。モデルAとモデルBは市販の婦人靴のカーブ形状を原型とし、モデルCのカーブ形状はモデルAとモデルBを参考に、両者とは異なる形状のカーブを描いて用いた(図 4 参照)。足を置いた時の接触感を靴に近づけるために台の上面に厚さ 3 mm の滑り止め EVAシートを貼った。靴底台の高さが最も低い位置、すなわち中足指節間節がのる位



図4 靴底台の形状

置に靴底台の長軸に直行するように黒いライン (ボールライン) を入れ、台に足を置く目安とした.

- インタビュー調査の方法

- 1. 被験者が3組の台への立ち心地を比較した後に, 好ましさの順位を確認した.
- 2. 最も好ましい靴底台と2番目に好ましい台,2番目に好ましい台と最も好ましくない台,最も好ましい台と最も好ましくない台の立ち心地を比較しながら,好ましく思う理由を問う評価グリッド法に基づくインタビュー調査を実施した.
- 3. インタビューで被験者が用いた, 踵, つま先など の足の部位をあらわす言葉について, 解剖学的な 言葉の意味を確認した.

(3) 結果および考察

10名の被験者の靴底台の好みは人によって異なり、モデルAが最も好ましいとした被験者が1名、モデルBが5名、モデルCが4名あった。モデルAが最も好ましいとした1名はモデルCが最も好ましくないとし、モデルBが好ましいとした5名ではモデルAを2名、モデルCを3名が最も好ましくないとした。また、モデルCが好ましい4名ではモデルAを3名、モデルBを1名が最も好ましくないとした。

図5は、評価グリッド法に基づくインタビュー調査よ

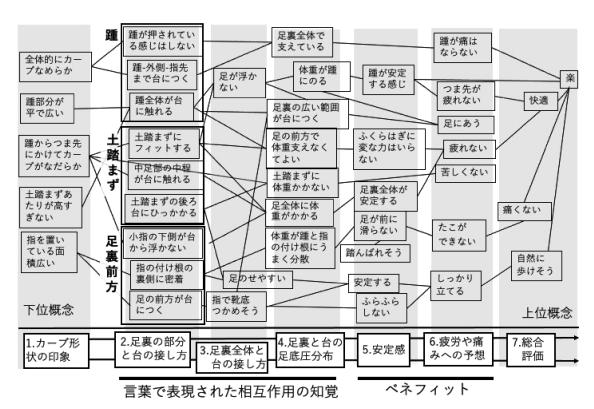


図 5 靴底台への立ち心地の評価例

り、被験者が最も好ましいとした台を評価した理由を因果関係がわかるように記述した例である。10名のインタビュー結果より、靴底台の好みが個人により異なるにもかかわらず、いずれの被験者も好ましいと評価した理由には共通点が多く、階層的な構造が認められた。

被験者の言葉を下位概念から上位概念にむけて整理すると図5の下方に示したようである.1でまずカーブ形状の印象を評価した後に、2~4で足裏と靴底台の相互作用の知覚を評価し、5~6でその評価に基づいて安定感や疲れにくいであろうなどのベネフィットを予想し、7で快適で楽そうだと総合的な評価をしていた.2~4の言葉で表現された相互作用の知覚では、10名中8名が「踵全体が台に触れる」など、踵全体が靴底台と接していることを評価し、7名が「土踏まずの中程が台に触れる」「土踏まずに体重がかからない」など土踏まずの後方が靴底台に触れるが強い力はかからないことを、7名が「つま先が台にまっすぐ置ける」「小指の下側が台から浮かない」などつま先や指の付け根が均等に靴底台と接すると感じることを評価していた.

被験者に、言葉で「踵」や「つま先」「指のつけ根」と表現している部位を確認した結果は図6のようであり、「踵」は踵骨の底側、「つま先」「指のつけ根」は母指球から小指球にかけての足部前方と指の底側を指していた。

また、モデル A が最も好みであるとした被験者が、靴底台に静立位で立った時の足裏と足底台の間の足底圧力分布を足底圧計測装置である F-scan(ニッタ製)で計測した例を図7に示す.3つの台の中では、最も好ましいモデル A では、足部前方と踵部に均等に圧力が分散しているが、最も好ましくないモデル C では、踵部に強い圧

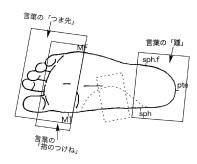


図6 言葉による足の部位

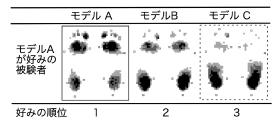


図7 靴底台上に静立時の足底圧分布の例

がかかり、足部前方には計測装置では計測できない程度 の圧しかかかっていない様子がうかがえる. 他の被験者 の結果からも、人が言葉によりかなり正確に足底圧の分 布を評価していることがわかった.

これらの結果より、いずれの被験者も足部の前方と踵 点から土踏まず後方数センチの広い面積に無理なく均等 に足底圧が分散し、土踏まずには、その後方に触れた感 じがわかる程度に靴底台が接触している状態を立ち心地 がよいと判断する傾向があった。個人の足裏の形状特性 に対し、鈍感な足裏の広い面積に体重が分散されるが、 敏感な土踏まずには後方に接触はするが強い圧がかから ない形状のカーブを持つ台を好みの台と評価していると 推定できる。

4. おわりに

基礎的な段階の研究であるが、履き心地の感じ方に一定の法則があることを示唆する結果と考えられる.人が、足の形状や感覚特性と靴の間の相互作用を履き心地として評価すること、それをデータとして把握することにより、何となく感じている履き心地を明示化できる可能性を示す、感性工学視点の研究事例として紹介した.

着用者の個性によりフィット感が異なるため、感性価値の創造には、最終的に個人対応への技術が必要となる。現在アパレル業界では、少量多品種製品を効率よく作る取り組みや、個人対応の商品を大量生産の概念や仕組みで生産するマスカスタマイゼーションへの動きがある。消費者の立場にたち安価に早く個人対応製品を生産するための技術の開発途上であるということができる。

このような取り組みを加速化するためには、消費者自身が自分の身体の個性を正しく認識することも必要である。被服の素材や生産方法などの科学技術の進歩はめざましく、未来の被服がどのようなものになるのか予測ができない側面がある。しかし、人の身体的特性は大きくは変化しない。従って、主体である消費者が、自身の身体の特徴や心地よさを感じるメカニズムを理解して自分を客観視することが、進化する被服の価値を正しく評価して選択するための第一歩となると考えられる。その評価は、技術の発展に欠かすことができないない源泉となろう。

これまで、自分の身体を自身で計測することは困難であったが、スマートフォンで簡単に身体の3次元形状を計測して寸法が表示されるZOZOMAT¹⁰⁾などの計測機器も開発されはじめている。時代に応じた快適、安全で心豊かな衣生活を創るために、自分を知ることを、家庭科教育の衣生活分野の内容のひとつとして取り入れることも考えられる。

家政学が、家庭生活を中心とした人間生活における人

と環境との相互作用について、人的・物的両面から、自然・社会・人文の諸科学を基盤として研究し、生活の向上とともに人類に福祉に貢献する実践的総合科学である¹¹⁾ ことを考えると感性工学との共通点は多い、感性価値の創造を生産者の側から考える感性工学と、消費者の側からを評価する家政学が両輪となって、人が心地よく生活するための研究が進展することを期待している。

文 献

- 1) 篠原昭,清水義雄,坂本博. 感性工学への招待 感性から暮らしを考える.森北出版,1996.
- 2) 経済産業省. 感性価値創造イニシアティブ. 経済産業調査会. 2007.
- 土肥麻佐子, 持丸正明, 河内まき子. 足部計測値に基づく3次元形態特性の分布推定. 人間工学誌. 2000, Vol. 36, No. 2, 73-80.
- Dohi, M.; Mochimaru, M.; Kouchi, M. Distribution of tactile sensitivity and elasticity in Japanese foot sole. *Kansei Engineering International*. 2004, Vol. 5, No. 2, 9-14.

- 5) Dohi, M.; Mochimaru, M.; Kouchi, M. Evaluation factors of the shank curve of women's heeled shoes based on the evaluation grid method. *Proceeding of 2005 Seoul International Clothing & Textiles Conference*. 2005, 282– 285
- 6) 小幡邦彦,高田明和,小西真人,外山敬介,熊田衛.新生理学.文光堂,2000.
- 7) Weinstein, S. Intensive and extensive aspects of tactile sensitivity as a function of body part, sex, and laterality. Proceedings of 1st International Symposium on The Skin Senses, Springfield, Illinois. 1968, 195-222.
- 8) Jeng, C.; Michelson, J.; Mizel, M. Sensory threshold of normal human feet. *Foot & Ankle International*. 2000, Vol. 21, No. 6, 501–504.
- 9) 讃井純一郎, 幹正雄. レパートリーグリッド発展手法 による住環境評価構造の抽出. 日本建築学会計画系論 文報告集. 1986, Vol. 367, 15-21.
- 10) ZOZOMAT. "誰もがネットで靴を買える時代へ ZOZOMAT". https://zozo.jp/zozomat/(閲覧 2021.5.10).
- 11) 日本家政学会編. 家政学将来構想1984家政学将来構想特別委員会報告書. 光生館, 1984, 108.